

사지마비 환자에서 기침과 호흡근 근력 및 호흡기계 유순도와의 연관성

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 근육병 재활연구소, ¹포천중문 의과대학 재활의학과

강성웅 · 류호현 · 신지철 · 김용래¹ · 김정은

The Relationships of Coughing to the Respiratory Muscle Strength and Pulmonary Compliance in Tetraplegic Patients

Seong-Woong Kang, M.D., Ph.D., Ho Hyun Ryu, M.D., Ji Cheol Shin, M.D., Ph.D., Yong Rae Kim, M.D.¹ and Jung Eun Kim, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Rehabilitation Institute of Muscular Disease, Yonsei University College of Medicine, ¹Department of Rehabilitation Medicine, Pochon CHA University College of Medicine

Objective: To analyze the factors influencing the capacity of cough, the relationships between maximal respiratory pressure, lung compliance, capacity of cough, and assisted cough techniques were evaluated in tetraplegics.

Method: The vital capacity (VC) in seated and supine position, maximum insufflation capacity (MIC), maximum inspiratory (MIP) and expiratory (MEP) pressure in seated position were measured. Unassisted and assisted peak cough flow (PCF) at two different conditions (a volume assisted method by the mechanical insufflation [PCFmic] and the manual assistance by abdominal compression [MPCF]) were evaluated in 44 tetraplegic patients.

Results: The mean value of VC in supine was greater than

that of seated position ($p < 0.01$). The MICs of the subjects were significantly higher than VCs in a same position (< 0.01). Both volume and manual assisted method showed significantly higher PCF than unassisted PCF ($p < 0.01$). MIP ($r=0.53$) correlated with UPCF as well as MEP ($r=0.68$), although MEP was better correlated with UPCF.

Conclusion: Generally the therapists apply manual pressure only to increase capacity of cough, which assist the expulsive phase. The results of this study showed that both inspiratory and expulsive phases should be assisted to enhance the effectiveness of cough. (*J Korean Acad Rehab Med* 2002; 26: 704-708)

Key Words: Tetraplegics, Maximal respiratory pressure, Compliance, Peak cough flow, Assisted cough

서 론

척수손상 환자의 전반적인 사망률은 감소하였지만 호흡기계 합병증의 발생률과 이로 인한 사망률은 아직도 높다. 척수손상 환자에서 호흡기계 합병증의 발병률은 67% 정도이며 이중 폐렴이 가장 높은 빈도를 차지하고 있다.¹⁸⁾ 척수손상 시 손상부 아래의 호흡근육에 대한 상위 척수의 조절 기능이 소실된다.³⁰⁾ 이로 인한 호흡근육의 마비는 기침능력 감소를 유발하고 결과적으로는 기도내 분비물의 축적을 초래하여 여러 가지 호흡기계 합병증을 발생시킨다.¹¹⁾ 또한, 약해진 호흡근육은 폐를 최대 용적까지 충분히 팽창시키지

못하며 최소 잔기량까지 압축시키지도 못한다.¹³⁾ 이처럼 흉곽이 충분히 팽창하지 못하는 상태가 장기간 지속되면 흉곽조직이 단축되고 굳어지며 근육은 섬유화되어 흉곽의 유순도(compliance)가 감소하게 될 뿐만 아니라 폐 내에서도 미세 무기폐가 확산되어 폐의 유순도도 감소하게 된다.^{13,16)} 이러한 요인들은 모두 기침과 객담제거 능력을 감소시킴으로써 호흡기계 위생에 심각한 문제를 야기시킨다.

상부 척수손상 환자에서 적절한 객담 배출은 무기폐, 폐렴 등의 예방에 중요한 역할을 한다.¹⁹⁾ 그러므로 기침을 효율적으로 하지 못하는 환자에서는 타진과 진동에 의한 치료, 그리고 체위배액요법과 같은 흉부 물리치료와 기관지경, 기관내 흡입 등을 이용하여 객담 배출을 촉진시켜야 한다.^{2,24)} 적절한 객담 배출을 통한 호흡기계 위생관리는 상부 척수손상 환자의 생명과 직결되는 문제이므로 이러한 일반적인 흉부 물리치료 외에도 객담 배출능력을 향상시키기 위해 여러 가지 방법이 시도되고 있다.^{1,8,15)}

기도내 분비물 제거에 가장 기본적인 기침을 효율적으로 하기 위해서는 충분한 공기의 흡입이 선행되어야 하며, 호기근이 정상적으로 수축하여 흉곽내 압력을 충분히 증가시

접수일: 2002년 7월 8일, 게재승인일: 2002년 10월 28일

교신저자: 강성웅, 서울시 강남구 도곡동 146-92

☎ 135-720, 연세대학교 의과대학 영동세브란스병원 재활의학교실

Tel: 02-3497-3492, Fax: 02-3463-7585

E-mail: kswoon@yumc.yonsei.ac.kr

이 논문은 연세대학교 의과대학 2000년도 장기해외연수교육비에 의하여 이루어졌음.

켜야 한다.²⁸⁾ 이러한 기침 기전을 근거로 하여, 기침능력이 감소되어 있는 척수손상 환자에서 기침 능력을 향상시키기 위해, 호흡근 강화훈련,²⁵⁾ 복부근육 전기자극,²³⁾ 그리고 수동적으로 흡입 공기량을 늘린 후 기침을 시행하게 하는 방법²⁰⁾ 등이 이용되고 있다. 그러나, 아직까지 호흡기계 유순도와 연관이 있는 흡입 공기량과 호흡근의 근력이 기침능력에 미치는 영향에 대해서는 충분한 검토가 되어 있지 않다. 이러한 요소들의 상관관계에 대한 분석은 척수손상 환자의 호흡기계 합병증의 주원인인 기도내 분비물 제거를 위한 치료방법 연구에 중요한 자료가 될 것이다.

따라서 본 연구에서는 기침능력에 영향을 미칠 수 있는 여러 요소들을 비교 분석하여 호흡기계 합병증 유발의 주원인인 기도내 분비물을 효율적으로 제거할 수 있는 치료방법을 모색하고자 하였다. 또한 산화헤모글로빈 포화도(oxyhemoglobin saturation: SaO₂)와 종말호기 후 이산화탄소 분압(end-tidal CO₂: EtCO₂)을 측정하여 호흡근육 마비로 인한 환기부전(ventilatory insufficiency) 여부를 알아보았다.

연구대상 및 방법

1) 연구대상

경수 손상에 의한 사지마비 환자 중 호흡기계 질환 및 손상의 병력이 없으며, 방사선 검사 및 흉부 이학적 소견에서 폐 질환 소견이 없는 환자 44명을 대상으로 하였다.

2) 연구방법

(1) 폐활량(vital capacity: VC)과 최대 주입용량(maximum insufflation capacity: MIC): Micro Spirometer (Micro Medical Ltd; Rochester, UK) 폐활량 측정기를 이용하여 측정하였다. 폐활량은 앉은 자세와 앙와위로 누운 상태에서 각각 측정하였다. 각 위치에서 BCI 3303 Oximeter (BCI international, USA)를 사용하여 SaO₂를 측정하였고 BCI 8200 Capnograph capnometer (BCI international, USA)를 사용하여 EtCO₂를 측정하였다. 최대 주입용량의 측정은 앉은 자세에서 환자가 스스로 흡입할 수 있는 최대한의 공기를 들이 마시게 한 후 도수 소생기(manual resuscitator) 백으로 마우스 피스나 비구강 마스크를 통해 주입할 수 있는 양만큼 최대한의 공기를 추가로 주입시킨 후 폐활량 측정기를 통해 그 용량을 측정하였다. 각각의 검사는 최소한 3회 이상 시행하여 최대 값을 기록하였다.

(2) 기침능력 평가: 최대 기침유량(peak cough flow: PCF)은 ASSESS[®] (Health Scan Products Inc., USA) 최대 유량 측정기를 이용하여 환자에게 최대한 힘차게 기침을 하게 하여 측정하였다. 본 연구에서는 다음의 3가지 상황에서의 최대 기침유량을 측정하였다. 1) 비보조 최대 기침유량(unassisted PCF: UPCF): 환자 스스로 흡입할 수 있는 최대 용량을 들이 마신 후 최대한 힘차게 기침을 하게 하여 측정하였

다. 2) 도수 보조 최대 기침유량(manual assisted PCF: MPCF): 환자 스스로 흡입할 수 있는 최대 용량을 들이 마신 후 최대한 힘차게 기침을 할 때 힘차게 복부를 밀어주면서 측정하였다. 3) 최대 주입 최대 기침유량(PCF at MIC: PCFmic): 환자 스스로 흡입할 수 있는 최대 용량을 들이 마신 후 마우스 피스나 비구강 마스크를 통해 공기를 추가로 주입한 후 최대한 힘차게 기침을 하게 하여 측정하였다. 각각의 과정은 최소한 3회 이상 시행하여 얻은 각 측정치의 수치 중 최대 값을 선택하였다.

(3) 호흡근 근력 평가: 최대 정적 압력 측정기인 Spirovis (COSMED Srl., Italy)를 이용하여 앉은 자세에서 코를 막고 마우스피스를 통해 총폐용적에 최대한 가깝게 흡기한 후 최대 호기압을, 폐잔류량에 최대한 가깝게 호기한 후 최대 흡기압을 측정하였다. 압력은 최소한 1초 이상 지속되도록 하며, 3회 이상 시행하여 얻은 값 중 최대 값을 선택하였다.

3) 자료 분석

앉은 자세와 앙와위에서의 폐활량, 앉은 자세에서의 폐활량과 최대 주입용량, 그리고 3가지 각기 다른 방법으로 측정된 최대 기침유량 측정치를 paired t-test를 이용하여 서로 비교하였다. 비보조 최대 기침유량과 최대 흡기압 및 최대 호기압과의 연관성을 Pearson 방법에 의해 분석하였다. 통계처리는 SPSS 10.0 for Windows를 이용하였다.

결 과

1) 대상 환자의 일반적 특성

대상 환자는 남자 36명, 여자가 8명이었으며, 평균 연령은 38.3세, 평균 키는 169.5 cm, 그리고 평균 체중은 66.7 kg이었다. 수상 후 기간은 평균 7.7개월이었으며, 손상부위 및 정도는 Table 1과 같았다.

Table 1. Injury Level and ASIA Classification of Patients

AISC ¹⁾	Motor level					Total
	C4	C5	C6	C7	C8	
A	7	4	9	3	4	27
B		3			1	4
C	2	1	1	2	2	8
D	1	1	2	1		5
Total	10	9	12	6	7	44

1. AISC: ASIA (American Spinal Injury Association) Impairment Scale for Completeness

Table 2. Comparison of Peak Cough Flow at the Different Conditions (n=44)

	Mean±SD (L/min)
UPCF ¹⁾	225±65
MPCF ²⁾	287±68*
PCFmic ³⁾	277±68*

1. UPCF: unassisted peak cough flow, 2. MPCF: manual assisted peak cough flow, 3. PCFmic: peak cough flow at maximal insufflation capacity

*p<0.01

2) 폐활량과 최대 주입용량

44명 모든 환자를 대상으로 측정하였으며, 폐활량은 앙와위에서 평균 2,418±518 cc, 그리고 앉은 자세에서는 2,257±519 cc로서 앙와위에서의 폐활량이 통계학적으로 높게 측정되었다(p<0.01). 최대 주입용량은 2,643±507 cc로서 같은 자세(앉은 자세)에서의 폐활량보다 의미 있게 높게 나타났다(p<0.01).

48명 중 15명에서 SaO₂와 EtCO₂를 측정하였으며, SaO₂는 1명만 비정상 소견(앉은 자세에서 92%, 앙와위에서 93%)을 보였으며, EtCO₂는 모든 환자에서 정상 소견을 보였다.

3) 최대 기침유량

44명 모든 환자를 대상으로 측정하였으며, UPCF는 평균 225 L/min, MPCF는 평균 287 L/min, 그리고 PCFmic는 평균 277 L/min로 각각 측정되었으며, MPCF 및 PCFmic가 UPCF보다 의미 있게 높았다(Table 2).

4) 호흡근 근력

17명의 환자를 대상으로 검사를 실시하였으며, 최대 흡기압과 최대 호기압은 각각 -35.4±8.9 cmH₂O (정상 예측치⁹⁾의 31.6±8.1%)와 38.5±12.3 cmH₂O (정상 예측치의 16.8±5.5%)이었다. UPCF는 최대 흡기압과 의미 있는 역상관 관계를, 최대 호기압과는 의미 있는 순상관 관계를 각각 보였으며, 최대 호기압(Pearson 상관 계수 0.68, p<0.01)이 최대 흡기압(Pearson 상관 계수 0.53, p<0.05)보다 밀접한 상관 관계를 보였다(Table 3).

고 찰

경수 및 상부 흉수손상 환자들은 복부근육 및 흉곽근육의 근력과 조절기능 장애에 의해 폐활량은 30~50% 정도, 기능적 잔기량(functional residual capacity)은 25% 정도, 그리고 호기 예비량(expiratory reserve volume)은 75%까지 감

Table 3. Correlations between UPCF¹⁾ and MIP²⁾, MEP³⁾ (n=17)

		MIP	MEP
UPCF	r ⁴⁾	0.53	0.68
	p	0.032	0.003

1. UPCF: unassisted peak cough flow, 2. MIP: maximal inspiratory pressure, 3. MEP: maximal expiratory pressure, 4. r: Pearson correlation coefficient

소한다.²⁷⁾ 이러한 폐기능의 저하는 호흡양상의 변화, 기침 기능 감소, 분비물 제거기능 약화 등을 유발하게 되고 이러한 기능 장애에 의해 발생한 폐렴, 무기폐 등의 합병증은 결국 환자를 사망에 이르게 할 수 있다.²⁸⁾ 1973년과 1992년 사이 척수손상 후 호흡기를 사용하고 있었던 환자들을 대상으로 한 연구에서 평균 생존율은 손상 1년 후 25.4%, 15년 후는 16.8%였으며, 이들 환자에서 호흡기계 합병증은 사망원인의 49.8%를 차지하고, 심장질환으로 추정되는 24.6%의 사망에도 관련된 것으로 알려져 있다.¹²⁾ 즉 50% 이상이 호흡기계 합병증으로 사망한 것으로 보고되고 있다. 따라서 호흡기계 합병증을 최소화하기 위해서는 척수손상 후의 호흡기계 병태생리를 정확히 분석하여 이해하고 이를 근거로 적절한 대처를 해나가야 될 것이다.

경수손상 환자의 앉은 자세에서의 폐용량은 정상 예측치의 42%¹⁷⁾에서 52%²⁴⁾ 정도로 보고되고 있다. 본 연구에서도 평균 2,257 cc (정상 예측치^{26,31)}의 51%)로 비슷한 결과를 보였으며, 앙와위에서 측정한 폐활량보다 낮게 나타났다. 이는 척수손상 환자들이 전적으로 횡경막에 의존해 호흡을 시행하기 때문에 앉은 자세에서는 복부 내용물이 중력에 의해 아래로 내려가 횡경막의 반전폭(excursion)이 감소하기 때문이다.^{7,14)}

기침은 감기 등에 의해 분비물이 생길 때 이 분비물을 외부로 배출시켜 폐렴 등의 합병증을 발생하지 않게 하는 우리 몸의 중요한 보호기능이다.²²⁾ 이러한 기침을 효율적으로 하기 위해서는 흡입(inspiratory phase), 압박(compression phase), 배출(expulsive phase)²⁸⁾의 기침의 3단계가 정상적으로 이루어져야 한다. 그러나 척수가 손상되면 이러한 기침 기전이 정상적으로 이루어지지 않기 때문에 기침을 보조해 주어야 기도내 분비물을 충분히 제거할 수 있다. 경수손상으로 인하여 늑간 및 복부근육이 마비되면 흡입 후 흡입공기 배출시 호기근 수축이 일어나지 않는다. 즉 호기는 흡입된 공기로 팽창된 폐 및 흉곽이 되튐(recoil)에 의해 줄어들면서 수동적으로 일어나기 때문에 환자는 적절한 기침을 못하게 된다.^{24,29)} 그러므로 상부 척수손상환자에 있어서 능동적인 호기능력의 증가는 기침능력을 증가시키고 호흡기 관에서의 객담 배출능력을 증가시킬 수 있다. 이에 근거하여 호흡근의 강화훈련, 복부근육 전기자극 등이 기침능력

을 향상시키기 위한 방법으로 사용되고 있다.^{15,23)} 기침능력을 향상시키기 위한 또 다른 방법 중의 하나는 흡입 공기량을 늘리는 것이다. 정상인들은 적절한 최대 기침 유량을 얻기 위해서 흡기용량의 85% 내지 90%의 공기를 들어 마시게 된다.²²⁾ 그러나, 척수손상 환자들은 호흡근의 약화로 인하여 이 정도의 공기량을 스스로 흡입하지 못하기 때문에 자가 호흡 후 공기를 수동적으로 추가 주입시켜 기침 전 공기량을 늘림으로써 기침 능력을 증가시킬 수 있다.^{5,21)} 이러한 이론적 배경이 있음에도 불구하고 기침을 보조할 때 대부분의 경우 배출단계만 보조하는 복부 압박만 시행하고 있다.

본 연구에서 최대 주입 용량은 폐활량보다 높게 측정되었으며, 이러한 차이로 인해 PCFmic가 UPCF 보다 높게 나타난 것으로 추정할 수 있다. 그러나 호흡마비로 인하여 정상적으로 폐를 팽창시키지 못하는 상태가 지속되면 폐활량과 최대 주입용량의 차이는 줄어들게 된다. 즉 척수 손상에 의해 호흡근육이 마비되면 서론에서 기술한 기전에 의해 호흡기계의 유순도가 감소하게 되는 것이다. 이것은 폐 및 흉곽의 구축을 의미하는 것으로 기침의 흡입단계에 영향을 미쳐 기침 보조가 필요할 때 문제가 될 수 있다.⁶⁾ MPCF뿐만 아니라 PCFmic도 UPCF보다 의미 있게 높게 나타난 본 연구의 결과는 흡입단계의 보조만으로도 기침능력을 향상시킬 수 있다는 것을 보여 주는 결과라 할 수 있겠다. 또한 흡입단계에 관여하는 흡기근 근력도 호기 근력만큼은 아니지만 비보조 최대 기침유량과 의미있는 상관관계를 보였다. 이러한 결과들은 보조 기침 시 배출단계 뿐만 아니라 흡입단계에 대해서도 충분한 고려가 있어야 한다는 것을 의미한다고 할 수 있겠다.

본 연구에서 일부 환자들에서 측정한 SaO₂ 및 EtCO₂에서 SaO₂가 경미한 비정상 소견을 보인 1명을 제외하고는 모두 정상 소견을 보였지만, 척수손상에서는 환기부전이 손상 시 급성으로 갑자기 나타날 수 있으며, 서서히 진행되어 수상 후 한참 뒤에 지연발연성으로 나타날 수도 있다.⁴⁾ 이러한 환기부전이 병발할 경우 호흡기로 환기를 보조해 주어야 한다. 우리나라의 통계는 없지만, 미국의 경우 이러한 환기부전으로 인하여 호흡기를 사용하고 있는 척수손상 환자는 약 3,000명 정도로 파악되고 있다.⁴⁾ 척수손상과 같이 호흡근육 약화가 있는 환자에서는 폐활량을 포함한 폐용적 감소를 동반하는 제한성 폐질환이 발생한다. 이 환자들에서는 폐 및 흉곽의 유순도가 감소되어 있고 이로 인한 호흡 일량(work of breathing)의 증가는 호흡근의 대상부전(decompensation)을 야기시킬 수 있다. 환자들은 호흡근의 부하를 줄이기 위해 얇은 호흡을 시행하지만 얇은 호흡을 함으로써 과이산화탄소증(hypercapnia)과 폐의 저환기가 유발된다.³⁾ 따라서 척수손상 자체는 나이가 들면서 진행되지 않더라도 과이산화탄소증은 점차 심해질 수 있다.¹⁰⁾ 이러한 과이산화탄소증과 폐의 저환기로 인해 환기부전이 발생할

수 있으므로 이에 대해서도 주기적인 평가가 이루어져야 할 것이다.

결 론

경수손상 환자에서 기침능력의 감소는 호흡기 합병증의 주원인으로서 환자를 사망에 이르게 할 수 있다. 기침은 기도내 분비물을 제거하기 위한 가장 기본적이고 중요한 요소로서 경수 손상 환자에서 감소된 기침능력을 보조하여 호흡기계 합병증을 예방하는 것은 척수손상 환자 관리에 중요한 부분이다. 효율적으로 기침을 보조하기 위해서는 기침능력에 영향을 줄 수 있는 요인들에 대한 충분한 검토가 선행되어야 한다.

이러한 목적을 위해 시행한 본 연구에서 최대 주입 용량은 폐활량보다 높게 측정되었으며, MPCF뿐만 아니라 PCFmic도 UPCF보다 의미 있게 높게 나타났다. 또한 흡입단계에 관여하는 흡기근 근력도 호기 근력만큼은 아니지만 기침능력과 의미있는 상관 관계를 보였다.

참 고 문 헌

- 1) 신지철, 강성웅, 박창일, 강운주, 김성원, 안재기: 상부 척수손상 환자에서 기능적 전기자극이 객담 배출능력에 미치는 효과. 대한재활의학회지 1998; 22: 559-565
- 2) Alvarez SE, Peterson M, Lunsford BR: Respiratory treatment of the adult patient with spinal cord injury I. Phys Ther 1981; 61: 1737-1745
- 3) Bach JR, Alba AS: Management of chronic alveolar hypoventilation by nasal ventilation. Chest 1990; 97: 52-57
- 4) Bach JR: Alternative methods of ventilatory support for the patient with ventilatory failure due to spinal cord injury. J Am Paraplegia Soc 1991; 14: 158-174
- 5) Bach JR: Mechanical insufflation-exsufflation: Comparison of peak expiratory flows with manually assisted and unassisted coughing techniques. Chest 1993; 104: 1553-1562
- 6) Bach JR, Kang SW: Disorders of ventilation: weakness, stiffness, and mobilization. Chest 2000; 117: 301-303
- 7) Baydur A, Adkins RH, Milic-Emili J: Lung mechanics in individuals with spinal cord injury: effects of injury level and posture. J Appl Physiol 2001; 90: 405-411
- 8) Biering-Sorensen F, Knudsen JL, Schmidt A, Bundgaard A, Christensen I: Effect of respiratory training with a mouth-nose-mask in tetraplegics. Paraplegia 1991; 29: 113-119
- 9) Black LF, Hyatt RE: Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. Am Rev Respir Dis 1969; 99: 696-702
- 10) Braun NMT, Arora MS, Rochester DF: Respiratory muscle and pulmonary function in polymyositis and other proximal myopathies. Thorax 1983; 38: 616-623
- 11) Carter RE: Respiratory aspects of spinal cord injury manage-

- ment. *Paraplegia* 1987; 25: 262-266
- 12) DeVivo MJ, Ivie CS: Life expectancy of ventilator-dependent persons with spinal cord injuries. *Chest* 1995; 108: 226-232
- 13) Estenne M, Heilporn A, Delhez L, Yerault JC, De Troyer A: Chest wall stiffness in patients with chronic respiratory muscle weakness. *Am Rev Respir Dis* 1983; 128: 1002-1007
- 14) Estenne M, De Troyer A: Mechanism of the postural dependence of vital capacity in tetraplegic subjects. *Am Rev Respir Dis* 1987; 135: 367-371
- 15) Estenne M, Knoop C, Vanvaerenbergh J, Heilporn A, De Troyer A: The effect of pectoralis muscle training in tetraplegic subjects. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139: 1218-1222
- 16) Estenne M, Gevenois PA, Kinnear W, Soudon P, Heilporn A, De Troyer A: Lung volume restriction in patients with chronic respiratory muscle weakness: the role of microatelectasis. *Thorax* 1993; 48: 698-701
- 17) Fugl-Meyer AR: Effects of respiratory muscle paralysis in tetraplegic and paraplegic patients. *Scand J Rehabil Med* 1971; 3: 141-150
- 18) Jackson AB, Groomed TE: Incidence of respiratory complications following spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1994; 75: 270-275
- 19) Jaeger RJ, Turba RM, Yarkony GM, Roth EJ: Cough in spinal cord injured patients: comparison of three methods to produce cough. *Arch Phys Med Rehabil* 1993; 74: 1358-1361
- 20) Kang SW, Bach JR: Maximum insufflation capacity: vital capacity and cough flows in neuromuscular disease. *Am J Phys Med Rehabil* 2000; 79: 222-227
- 21) Kirby N, Barnerias MJ, Siebens AA: An evaluation of assisted cough in quadriplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1966; 47: 705-710
- 22) Leith DE: Cough. In: Brain JD, Proctor D, Reid L, editors. *Lung biology in health and disease*, New York: Marcel Dekker, 1977, p545-592
- 23) Linder SH: Functional electrical stimulation to enhance cough in quadriplegia. *Chest* 1993; 103: 166-169
- 24) Mansel JK: Respiratory complications and management of spinal cord injuries. *Chest* 1990; 97: 1446-1452
- 25) McCool FD, Tzelepis GE: Inspiratory muscle training in the patient with neuromuscular disease. *Phys Ther* 1995; 75: 1006-1014
- 26) Morris JF: Spirometry in the evaluation of pulmonary function. *West J Med* 1976; 125: 110-118
- 27) Roth EJ, Nussbaum SB, Berkowitz M, Primack S, Oken J, Powley S, Lu A: Pulmonary function testing in spinal cord injury: correlation with vital capacity. *Paraplegia* 1995; 33: 454-457
- 28) Scanlan C, Myslinski MJ: Bronchial hygiene therapy. In: Scanlan CL, Wilkins RL, Stoller JK, editors. *Egan's fundamentals of respiratory care*, 7th ed, St.Louis: Mosby, 1999, pp792-793
- 29) Siebens AA, Kirby NA, Poulos DA: Cough following transection of spinal cord at C-6. *Arch Phys Med Rehabil* 1964; 45: 1-8
- 30) Slack RS, Shucart W: Respiratory dysfunction associated with traumatic injury to the central nervous system. *Clin Chest Med* 1994; 15: 739-749
- 31) Wanger J: *Pulmonary function testing*, Baltimore: Williams & Wilkins, 1992, p215